



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ROBOTY, JEJICH DRUHY A VYUŽITÍ VE STROJÍRENSKÉM PODNIKU

ROBOTS, THEIR CATEGORIES AND APPLING IN MECHANICAL ENGINEERING COMPANY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ROMAN VANĚK

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MAREK ŠTRONER, Ph.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Roman Vaněk

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Roboty, jejich druhy a využití ve strojírenském podniku

v anglickém jazyce:

Robots, their categories and applying in mechanical engineering company

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provést literární rešerši z oblasti robotizace a automatizace. Rozdělit roboty dle pracovních prostorů a hledat jejich použití v praxi. Závěrem zhodnotit možné nasazení robotů v průmyslu.

Cíle bakalářské práce:

1. Literární rešerše z oblasti robotizace a automatizace.
2. Rozdělit roboty dle pracovních prostorů a technických parametrů.
3. Najít charakteristické použití robotů v praxi.
4. Zhodnotit účelnost typů manipulátorů a robotů v průmyslu.
5. Závěr.

Seznam odborné literatury:

1. BĚLOHOUBEK, Pavel a KOLÍBAL, Zdeněk. Průmyslové roboty IV. - Projektování výrobních systémů s PRAM. 1. vyd. Brno: VUT, 1993. 88 s. ISBN 80-214-0532-5.
2. KOLÍBAL, Zdeněk. Průmyslové roboty I. - Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů (PRAM). 1. vyd. Brno: VUT, 1993. 189 s. ISBN 80-214-0526-0.
3. KOLÍBAL, Zdeněk. Průmyslové roboty II. - Konstrukce výstupních hlavic a periférií. 1. vyd. Brno: VUT, 1993. 165 s. ISBN 80-214-0533-3.
4. NĚMEJC, Jiří. Průmyslové roboty a robotizace strojírenské výroby. 3. vyd. Plzeň: ZČU, 1999. 96 s. ISBN 80-7082-578-2.
5. SKAŘUPA, Jiří. Roboty a manipulátory I. 1. vyd. Ostrava: VŠB, 2002. 139 s. ISBN 80-248-044-6.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marek Štroner, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 18.11.2014

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

VANĚK Roman: Roboty, jejich druhy a využití ve strojírenském podniku.

Tato bakalářská práce uvádí základní informace o robotech, jejich druzích a využití ve strojírenském podniku, dále základní popis a vývoj tohoto rozvíjejícího se odvětví. První kapitola seznamuje se základním tříděním a rozdělením průmyslových robotů a manipulátorů (PRaM). Následující kapitoly jsou zaměřeny na základní rozdělení PRaM dle jejích vlastností a následného využití. Poté je uvedeno několik příkladů využití těchto strojů v průmyslové výrobě.

Práce poukazuje na výhody začleňování těchto automatizačních ústrojí do strojírenského průmyslu.

Klíčová slova

Robot, manipulátor, automatizace, technologie, průmysl

ABSTRACT

VANĚK Roman: Robots, their categories and applying in mechanical engineering company.

This bachelor work presents basic information about robots, their types and uses in engineering company, basic description and development of this booming industry. The first chapter introduces the basic sorting and distribution of industrial robots and manipulators (PRaM). The following chapters are devoted to the basic division PRaM according to its properties and subsequent use. Below are a few examples of the use of these machines in industrial production.

The work highlights the advantages of integrating these devices into automation machinery industry.

Key words

Robot, manipulator, automation, technology, industry

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VANĚK, Roman. *Roboty, jejich druhy a využití ve strojírenském podniku*. Brno, 2015. 34s, CD, Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Marek Štroner, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Roboty, jejich druhy a využití ve strojírenské výrobě* vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu použité literatury.

V Brně dne

Roman Vaněk

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Marku Štronerovi, Ph.D. za ochotu, rady a cenné připomínky při vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přátelům, za podporu během celého bakalářského studia.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD	9
1 VÝROBNÍ STROJE VE VZTAHU K MANIPULACI S MATERIÁLEM	10
1.1 Analýza stupně automatizace výrobního stroje vzhledem k výrobnosti.....	10
1.2 Výrobní stroj jako systém	10
1.3 Porovnání člověka a stroje (roboty)	12
1.4 Rozdělení manipulačních zařízení s příklady typických představitelů.....	13
1.4.1 Charakteristické znaky jednotlivých typů průmyslových robotů a manipulátorů ...	14
1.4.2 Pracovní hlavice.....	16
1.4.3 Úchopové hlavice	16
1.5 Základní pojmy o řízení průmyslových robotů a manipulátorů (PRaM).....	18
1.6 Základní kinematické prostory a typy PRaM	19
2 MANIPULÁTORY	25
2.1 Kolejové manipulátory	25
2.2 Bez kolejové manipulátory (Automanipulátory)	26
3 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY	28
3.1 Generace robotů a manipulátorů.....	28
3.2 Adaptivní roboty	28
3.3 Kognitivní roboty.....	29
3.4 Konativní roboty	29
3.5 Mobilní roboty	30
4 POUŽITÍ PRaM V PRAXI.....	31
5 ZÁVĚRY	34

Seznam použitých zdrojů

Seznam obrázků

ÚVOD

Češi přispěli světu mnohými věcmi, mezi které patří i slovo robot. „Tak mu říkej Robot,“ uslyšel Karel Čapek od svého bratra, když se mu v roce 1921 svěřoval s myšlenkou své nové hry R.U.R., kdy nevěděl jak nazvat umělého dělníka, který ve hře účinkuje. A tak vzniklo slovo robot.

Roboty samotné, jak je známe dnes, však předcházelo mnoho historických hraček. První „robot“ byl zaznamenán na pobřeží Řecka. Matematik Archytas sestrojil prvního ptáčka jménem Holub, který dokázal uletět přes 200m. A to již ve čtvrtém století před naším letopočtem. O zkonstruování dalších „robotů“ usilovali i jiní vynálezci a umělci, například Leonardo Da Vinci navrhoval mechanického rytíře, japonský objevitel Hisashige Tanaka vytvářel loutky, které servírovaly čaj nebo kreslily japonské motivy.

Pracovní stroje či průmyslové roboty, jako je známe dnes se objevily až s rozšířením počítačů v 60. letech minulého století. První plně funkční digitální robot byl využit v automobilové výrobě roku 1961 jako stroj, který osazoval rozpálené výlisky karoserie aut. Dvoutunový kolos s hydraulickým ramenem, který pokrývalo tři tisíce senzorů. Dneska už si život bez robotů neumíme představit, také známe roboty, které dokážou chodit, komunikovat a třeba i hrát fotbal.

První roboty se v průmyslu objevily během druhé poloviny 80. let 20. století v západní Evropě. Byly používány v oblastech, jež člověk nebyl schopný kvůli své tělesné stavbě vykonávat: manipulace s těžkými břemeny, lakování atd. K celkovému rozšíření došlo na začátku 90. let 20. století. Nejen v minulosti, ale i nyní roboty nahrazují práci, kterou člověk není schopen nebo nechce vykonávat.

Robot je definován jako stroj, který vykonává svou činnost s určitou samostatností předem naprogramovaným způsobem. Těžko si představit obor činnosti, ve které by se roboty nemohly uplatnit. Velkou zásluhu na tom má vývoj počítačů a programů, díky kterým jsme schopni NC stroje rychle a efektivně programovat.

Dnes se roboty prosazují do odvětví, technologií a procesů, kde to dříve nebylo myslitelné. Rozsah a dosah robotů nám umožňuje vytvářet nižší pořizovací náklady pracoviště například pro obrábění, leštění, broušení nebo je nahrazovat ve špinavých, pro člověka nepříjemných provozech.

Tato práce se přednostně zabývá základním rozdělením průmyslových robotů a manipulátorů. Dále nám představuje některé typy těchto představitelů, se kterými se stýkáme každý den. Následně je úzce popsáno i praktické využití v průmyslové výrobě a celkové zhodnocení problematiky.

1 VÝROBNÍ STROJE VE VZTAHU K MANIPULACI S MATERIÁLEM

1.1 Analýza stupně automatizace výrobního stroje vzhledem k výrobnosti [8]

Dle stupně automatizace lze rozdělit výrobní stroje do následujících kategorií:

- konvenční stroje – jedná se o běžné stroje s ručním ovládáním bez automatizace, nebo s částečnou automatizací. Univerzální soustruhy, frézky, vrtačky, lisy apod., jejichž velikost zdvihů pracovních nástrojů a jejich průběh činnosti jsou řízeny obsluhujícím pracovníkem.
- číslicově řízené (NC – Numerical Control) stroje – řízení těchto strojů probíhá automaticky číslicovým řídicím systémem. Vyšší vývojová generace těchto strojů jsou obráběcí centra (OC), bezobslužné obráběcí stroje (BOS) a z nich pak vytvářené pružné výrobní systémy (PVS) s počítačovým řízením CNC a DNC (Computer Numerical Control a Direct Numerical Control).
- automaty případně poloautomaty – pracovní cykly těchto strojů probíhají automaticky pomocí nastavených mechanismů, téměř bez zásahu obsluhy, která má za úkol zejména doplňování materiálu a odebrání hotových sérií výrobků.
- Jednouúčelové stroje (JÚS), výrobní linky – jedná se o sestavení více pracovních jednotek buď kolem otočného stolu (JÚS), nebo podélně (linka), k nimž jsou takto automaticky průběžně dopravovány polotovary a dochází k jejich opracování. Přestavba JÚS nebo linky na novou výrobu je velmi náročná. Roční výrobnost se u takových strojů pohybuje okolo 100 000ks.

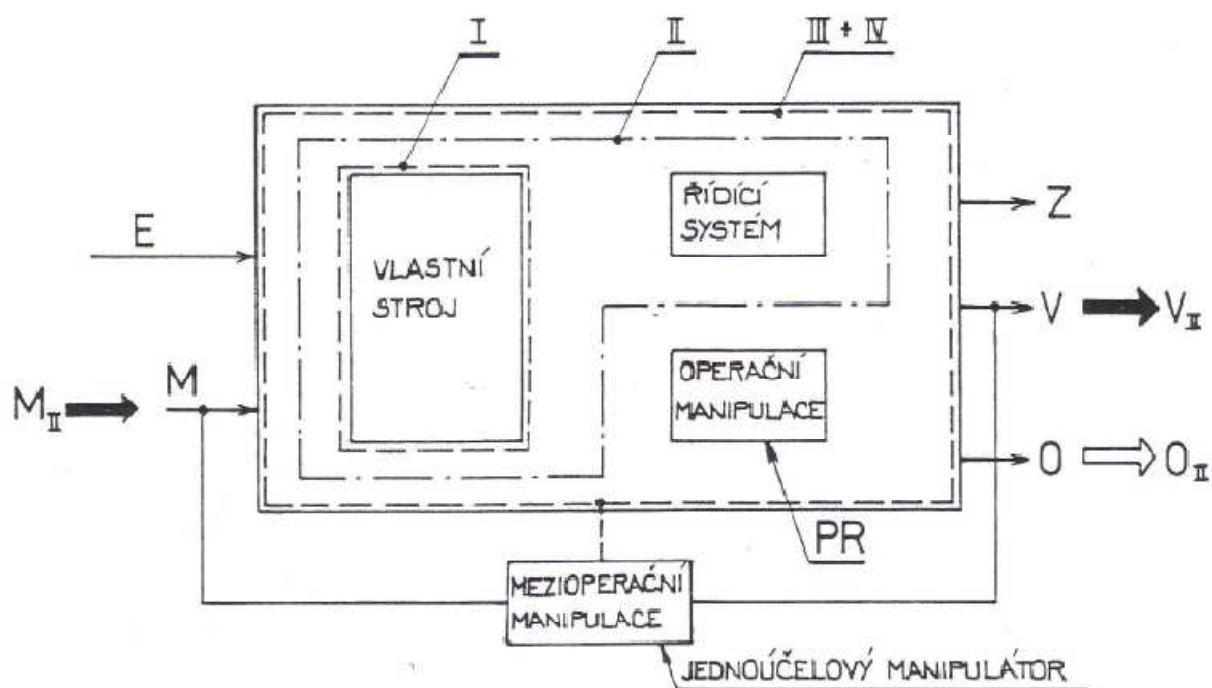
1.2 Výrobní stroj jako systém [8]

Na základě výše uvedeného je možno si představit výrobní stroj jako systém podle obr. 1.

Ze schématu je zřejmé, že v případě konvenčního stroje, který ve svém systému nemá řídicí systém ani automatickou operační manipulaci (manipulaci s obrobkem v rámci stroje), zastává tyto funkce člověk, nejčastěji jako odborně vyučená obsluha. Současně také provádí i úkony mezioperační manipulace (manipulaci s obrobky mezi stroji apod.). Jeho činnost řídicí i pomocná (manipulační) je do jisté míry vyvážená.

V případě nasazení automatů či jednouúčelových strojů a linek jsou všechny úkoly, včetně operační manipulace vykonávány automaticky a je nutno věnovat pozornost pouze mezioperační manipulaci.

Při nasazení číslicově řízeného stroje dochází k situaci, že stroj a řídicí systém tvoří automatizovaný celek a operační (a rovněž i mezioperační) manipulace zůstává na lidské obsluze. Při tom se vzhledem k nemalé ceně stroje očekává od něj zvýšená produktivita, projevující se především ve zvýšeném toku materiálu a výrobku, předpokládá se práce ve vícesměnném provozu a samotná práce přímé obsluhy stroje nabývá charakter pomocné práce.



E – přívod energie

M – přísun materiálu

V – odebrání výrobků

O – odstraňování odpadu

Z – ztráty

I – konvenční stroj

II – NC stroj

III – automat

IV – jednoúčelový stroj

PR – průmyslový robot

Obr. 1. Systémové pojetí výrobního stroje [8]

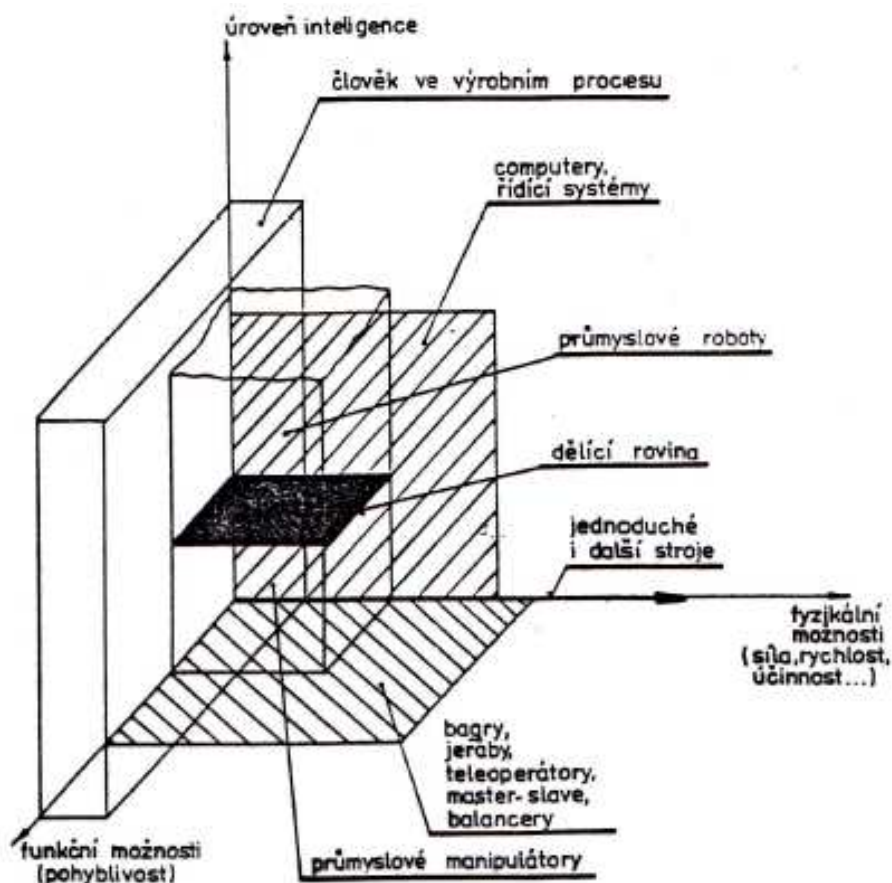
1.3 Porovnání člověka a stroje (robota) [16] [14]

Pro obecné porovnání vlastností stroje s člověkem ve výrobním procesu mohou sloužit následující kategorie:

- Fyzické možnosti
- Funkční možnosti
- Úroveň intelektu

Na obr. 2 je schematicky znázorněn člověk ve výrobním procesu, vyznačující se vysokou úrovní intelektu (potřebného pro daný výrobní proces), poměrně vysokou úrovní funkčních možností, avšak velmi nízkými fyzickými možnostmi. Tohoto si byl člověk vždy velmi dobře vědom, a proto všechny dosavadní stroje prakticky napomáhaly člověku rozšířit především tyto jeho nízké fyzické možnosti.

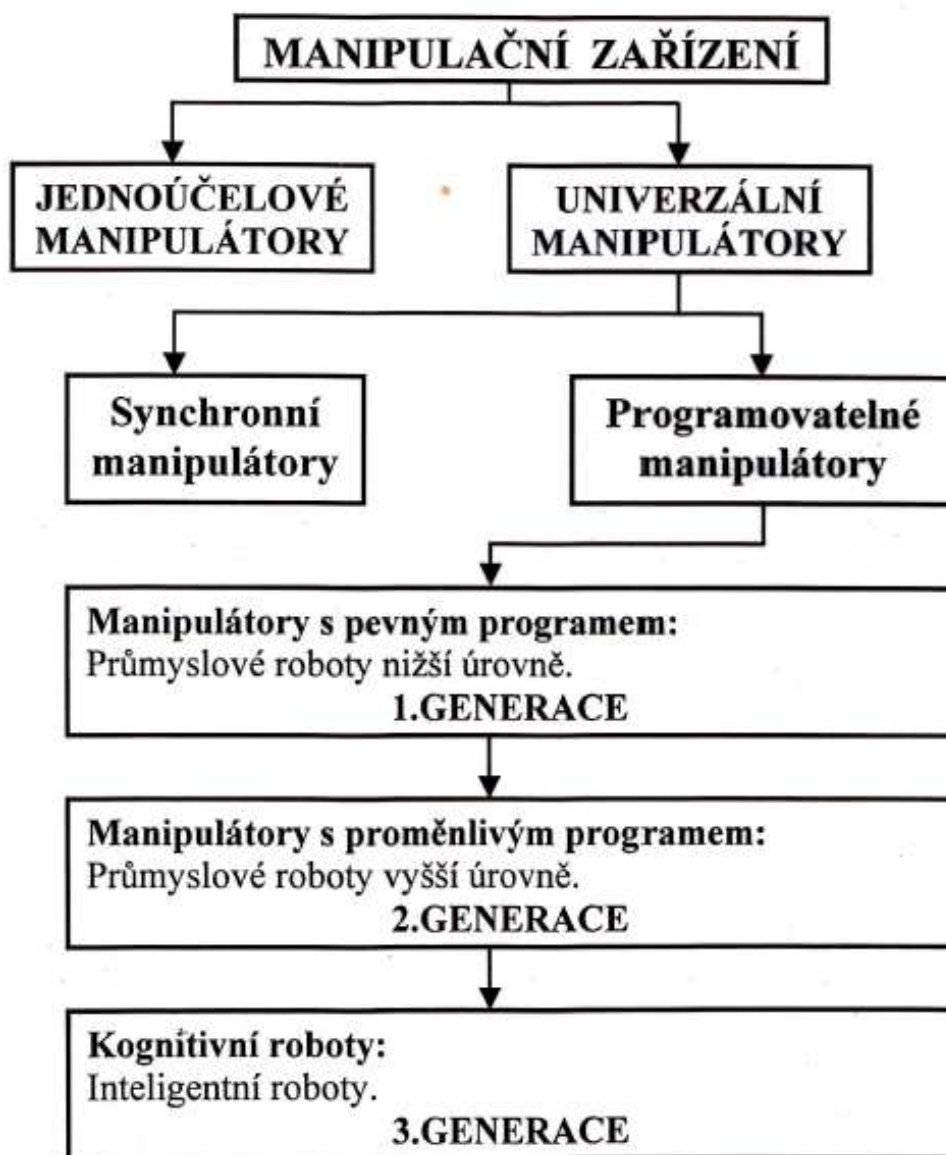
Pro pojem „robot“ je v grafu zdůrazněno, že se jedná o zařízení složitější než „manipulátor“, a o to především co se týče řídicího systému a úrovně inteligence. Zařízení, které před časem bylo nazýváno robotem se postupně stává s přihlédnutím k novým možnostem řídicích systémů pouhým manipulátorem. Určující složkou vývojového stupně průmyslových robotů a manipulátorů je proto úroveň jejich řízení.



Obr. 2 Schematické porovnání člověka a stroje ve výrobním procesu [14]

1.4 Rozdělení manipulačních zařízení s příklady typických představitelů [14]

Podle funkčního určení, stupně řízení a složitosti provedení se dělí manipulační zařízení podle následujícího obr. 3:



Obr. 3 Rozdělení manipulačních zařízení [16]

- Jednoúčelové - vyznačují se omezenými pohybovými možnostmi, úrovní řízení vyhovující dané aplikaci, konstrukčním provedením a pohony korespondujícími s obsluhovanými zařízeními a používanou technologií.
- Univerzální – jsou pak víceúčelové s možností přizpůsobení různým technologiím. Volba mezi jednoúčelovými a univerzálními průmyslovými roboty a manipulátory vychází z celkového hodnocení technologie, pracoviště atd., a musí respektovat jak technická tak i ekonomická hlediska.

1.4.1 Charakteristické znaky jednotlivých typů průmyslových robotů a manipulátorů [14] [8]

- Podavače – jsou nejjednodušším jednoúčelovými manipulátory. Tvoří většinou s ovládaným strojem jeden celek; jsou jím řízeny, mají od něj odvozen pohon. Tyto „podávací“ mechanismy mají velký význam pro automatizaci technologických procesů. Uživatelé si tato zařízení často sami zhotovují nebo samostatně dokupují a doplňují jimi své stroje.
- Synchronní – řízení provádí průběžně řídící pracovník. Tyto manipulační mechanismy představují vlastně zesilovací ústrojí pro zesílení silových a pohybových veličin na základě popudů vyvolaných řídícím pracovníkem. Na obsluhovaném stroji jsou nezávislé. Manipulátor a člověk „tvoří“ uzavřenou regulační smyčku. Tato zařízení přenáší na dálku příkazy člověka. Tato možnost ovládání pracovního mechanismu na dálku se využívala pro vědecké, lékařské i vojenské účely. Už dnes se provádí některé operace nepřímo pomocí miniaturních manipulátorů. Pomocí dálkově řízených manipulátorů se může manipulovat také s nebezpečnými látkami apod.
- Programovatelné – jsou řízeny programovým ústrojím. Provedením, pohonem a funkcí jsou na obsluhovaném stroji nezávislé.
- S pevným programem – program se nemění během činnosti manipulačního mechanismu, je stálý, programové ústrojí je jednoduchého provedení. Nazýváme je „jednoduché průmyslové roboty“.
- S proměnlivými programy – mají možnost přepínání nebo volby programu, většinou podle scény, ve které se manipulační mechanismy právě nacházejí. Bývají to zařízení s adaptivním řízením. Představují v současné době špičku konstrukčního provedení a nazýváme je „Průmyslovými roboty“.
- Kognitivní roboty – jsou to roboty vybavené možností vnímání a racionálního myšlení (kognitivní proces = vnímání a racionální myšlení).

Průmyslové roboty se liší od informačních systémů, jakými jsou např. počítače, vykonáváním fyzikálního vlivu na okolí. Úkony (činnost vykonaná manipulačními mechanismy) jsou buď:

- Manipulační – slouží k přemísťování objektů a jejich mechanickému ovládnutí.
- Výrobně-technologické – vykonávají některé technologické operace dosud realizované výrobními zařízeními (např. vrtání, soustružení apod.).

Činnost, převážně vykonává, pak klade požadavky na vlastní provedení manipulátorů, jejich počet stupňů volnosti, úroveň řízení atd. Podle konstrukčního provedení lze dále provést rozdělení na

- Stavebnicové – modulární
- Nestavebnicové – nemodulární

Modulární provedení se skládá ze samostatných funkčních celků – modulů. Modulově je uspořádána jak mechanická část, tak i řídící ústrojí. Funkčně náročnější manipulační mechanismy vzniknou ze základních funkčních celků.

Na obrázku č. 4 je znázorněna skladba průmyslového robotu – vidíme jeho stavební části, skladebné možnosti a jim pak odpovídající manipulační dráhy, roviny a prostory.

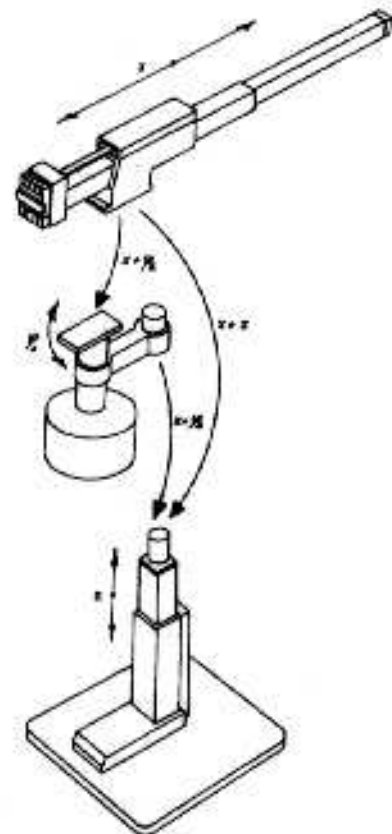
Zvláštní skupinu manipulačních zařízení tvoří roboty. Roboty složitějšího provedení, a pak hlavně kognitivní, se od ostatních manipulačních mechanismů liší především úrovní řízení. Vyznačují se následujícími vlastnostmi.

- Manipulační schopností, tj. uchopením a přemísťováním předmětů, různými montážními úkony, úpravou předmětů, zacházením s pomocnými předměty (např. s nástroji).
- Autonomností chování, tj. složitou posloupností úkonů prováděnou automaticky podle určitého programu. Důležitý je zejména případ, kdy tento program není pevný (daný konstrukcí, jako např. u klasických řídicích automatů), ale volitelný

Obr. 4 Stavba robotu [1]

- buď člověkem, nebo automaticky vlastním zařízením. Tím se liší např. od teleoperátorů, které zesilují a přenášejí na dálku pohybové příkazy přímo od člověka, jenž je nedílnou součástí ústrojí.

- Univerzálností ve smyslu „víceúčelovosti“, nikoli „všemohoucnosti“. Zařízení neslouží pouze k jedinému účelu, ale k více, někdy dosti rozmanitým účelům. To souvisí s možností změny programu, jež má být jednoduše a rychle proveditelná.
- Existence vazby s prostředím (vnímání). Kromě jednoduchých mechanických (dotekových) elektromagnetických čidel lze u složitějších systémů počítat i s vizuálním (použitím televizní kamery) a akustickou vazbou.
- Prostorovou soustřednost jednotlivých složek (integrovanost) pokud možno (ale nikoli nutně, je-li jednou ze složek počítač) do jednoho objektu. Důsledkem je kromě jiného také snadná transportovatelnost, v některých případech lze požadovat, aby systém byl mobilní.



Obr. 4 Stavba robotu [8]

1.4.2 Pracovní hlavice [14] [3]

Činnost manipulátoru nebo robotu spočívá v nastavování diskrétních poloh pracovní hlavice nebo ve spojitém pohybu pracovní hlavice po definované obecně prostorové dráze, přičemž se zpravidla řídí i orientace pracovní hlavice.

Pracovní hlavice je tedy funkční část, která podle charakteru požadované činnosti určuje využití pohybového systému manipulačního prostředku. Pracovní hlavice je umístěna na výstup pohybového systému manipulátoru nebo robotu a proto se setkáváme v této souvislosti i s označením výstupní hlavice.

Provedení pracovní hlavice odpovídá charakteru aplikace manipulátoru nebo robotu a ve výrobě lze uvažovat tyto charakteristické aplikace:

- Vkládání objektů do pracovního prostoru výrobních zařízení a jejich vyjímání
- Mezioperační manipulace
- Technologické operace
- Kontrolní operace

Podle charakteristických typů operací prováděných manipulátory nebo roboty lze uvažovat tyto typy pracovních hlavice:

- Úchopové hlavice
- Technologické, kontrolní a měřicí hlavice
- Kombinované hlavice
- Speciální hlavice

Pracovní hlavice umožňují zachycení objektu při manipulaci. Úchopovou hlavici znázorňuje obr. 5. Hlavní částí technologické hlavice je příslušný nástroj, nebo systém nástrojů, u kontrolní nebo měřicí hlavice jde potom o čidla pro sledování různých veličin. Jde například o kombinaci úchopové a technologické funkce.



Obr. 5 Pracovní kalibrační hlavice [3]

1.4.3 Úchopové hlavice [14] [3] [10]

Při zachycení objektu v úchopové hlavici jsou v rovnováze vnější síly, působící na objekt. Síly, jejichž působením je držen objekt, označujeme jako úchopové síly.

Uchopení objektu je doprovázeno mechanickým stykem tzv. úchopových prvků hlavice s povrchem objektu a prakticky použitelné technické prostředky umožňují uchopení objektu dvěma způsoby:

- s oboustranným mechanickým stykem s hlavicí
- s jednostranným mechanickým stykem s hlavicí

V prvním případě jsou úchopové síly vyvozeny mechanickými prostředky a působí proti sobě v protilehlých částech povrchu tělesa. Jde o stejný princip mechanického uchopení, jaký je s velkou rozmanitostí využíván lidskou rukou. U technických realizací jde o konstrukce úchopových hlavice s mechanickými čelistmi. Při uchopení s jednostranným mechanickým stykem s hlavicí se využívá působení gravitačních, magnetických a podtlakových sil.

Hlavními částmi struktury úchopové hlavice jsou tzv. úchopové prvky, které jsou umístěny na nosné části hlavice. Tyto prvky přicházejí do styku s povrchem objektu a realizují zachycení objektu v hlavici.

Hlavice, jejichž funkce může být bezprostředně ovládána řídicím systémem se označují jako aktivní úchopové prvky. Obdobně pod označením pasivní úchopové prvky se rozumí prvky, které umožňují uchopení objektů při manipulaci, ale úchopovou sílu nelze přímo ovládat řídicím systémem – (prvky bez přímého ovládacího vstupu). V souvislosti s principy uchopení objektů a s uvažováním rozdělení podle možnosti ovládání úchopové síly budeme rozlišovat úchopové prvky.

- mechanické
 - pasivní (pevné opěry, odpružené čelisti)
 - aktivní (pohyblivé čelisti s pohonem)



Obr. 6 Mechanická úchopová hlavička [3]

- podtlakové
 - pasivní (deformační přísavky)
 - aktivní (podtlakové komory s řízeným vyvozením podtlaku)



Obr. 7 Podtlaková přísavka [3]

- magnetické
 - pasivní (permanentní magnety)
 - aktivní (elektromagnety)



Obr. 8 Magnetická hlavička [10]

Počet úchopových prvků v konstrukci hlavice závisí na prostorové členitosti, rozměrech, tuhosti a hmotnosti objektu, podíl počtu pasivních a aktivních prvků v celkovém počtu úchopových prvků je určován především požadavky na přesnost zachycení objektu v hlavici. Podle počtu úchopových prvků se rozlišují úchopové hlavice:

- dvoursté
- tříprsté
- čtyřprsté
- šestiprsté



Obr. 9 dvourstá, tříprstá, čtyřprstá a šestiprstá hlavice [3]

1.5 Základní pojmy o řízení průmyslových robotů a manipulátorů (PRaM) [8]

Systémy řízení průmyslových robotů a manipulátorů mají úzkou souvislost s číslicovým řízením (NC) výrobních strojů. V podstatě se rozlišují dva druhy řízení.

- Bodové řízení, označované jako PTP (point to point)
- Dráhové řízení, označované CP (continuous path)

Bodové řízení se využívá tam, kde je nutné dosahovat toho, aby robot zasahoval do požadovaných jednotlivých bodů operačního prostoru, aniž by mezi těmito body byla nějaká funkční souvislost. Tomu odpovídají takové pracovní operace, jako bodové svařování, obsluha obráběcích, tvářecích a licích strojů apod.

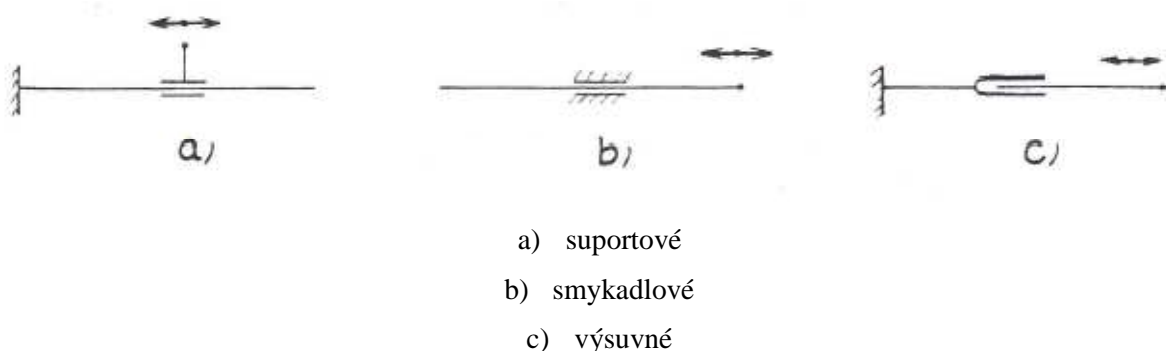
Dráhové řízení je nutné tehdy, je-li pohyb robotu funkčně vázán k technologickému procesu, jako je tomu např. u spojitého svařování, lakování či jiných povrchových úprav materiálu. Vzhledem k tomu, že většinou půjde o spojitě řízení více pohybů v čase a prostoru, mohou zde být použity prakticky jen hydraulické nebo elektrické pohody, případně některé druhy kombinovaných pohonů.

1.6 Základní kinematické prostory a typy PRaM [8] [16] [14] [7]

Akční systém průmyslového robotu a manipulátoru je ve své podstatě pohybovým mechanismem, který sestává z více binárních členů, vázaných mezi sebou prostřednictvím kinematických dvojic. Každé z těchto kinematických dvojic přísluší většinou jeden stupeň volnosti, kinematická dvojice o více stupních volnosti (např. válcová či rovinná) se vyskytuje zcela výjimečně a není pro konstrukci PRaM typická. Ani spojení dvou otočných kinematických dvojic do jednoho kloubu jako sférická kinematická dvojice se běžně nevyskytuje.

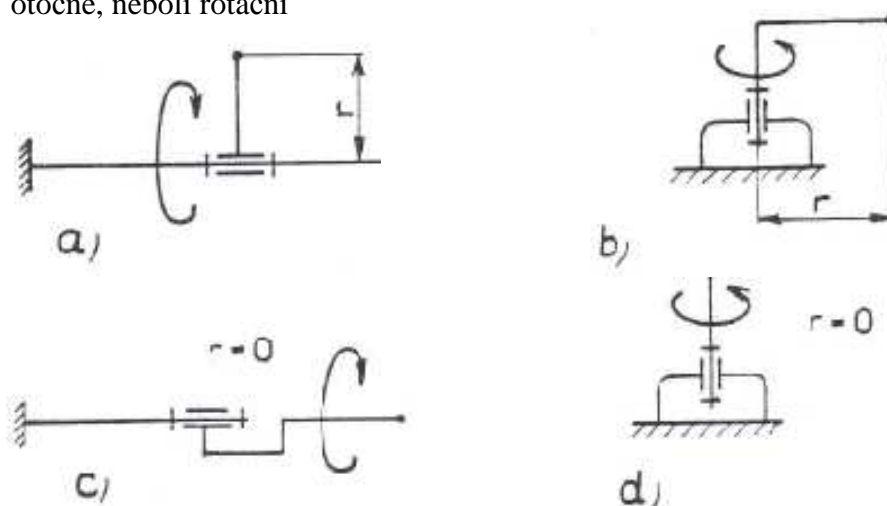
Kinematické struktury PRaM je potřebné často znázorňovat v různých postaveních, používají se jejich určitá schematická označení, které vycházejí z jejich konstrukční podstaty:

- Kinematické dvojice (KD):
 - posuvné, neboli translační



Obr. 10 Schematické znázornění translační kinematické dvojice [8]

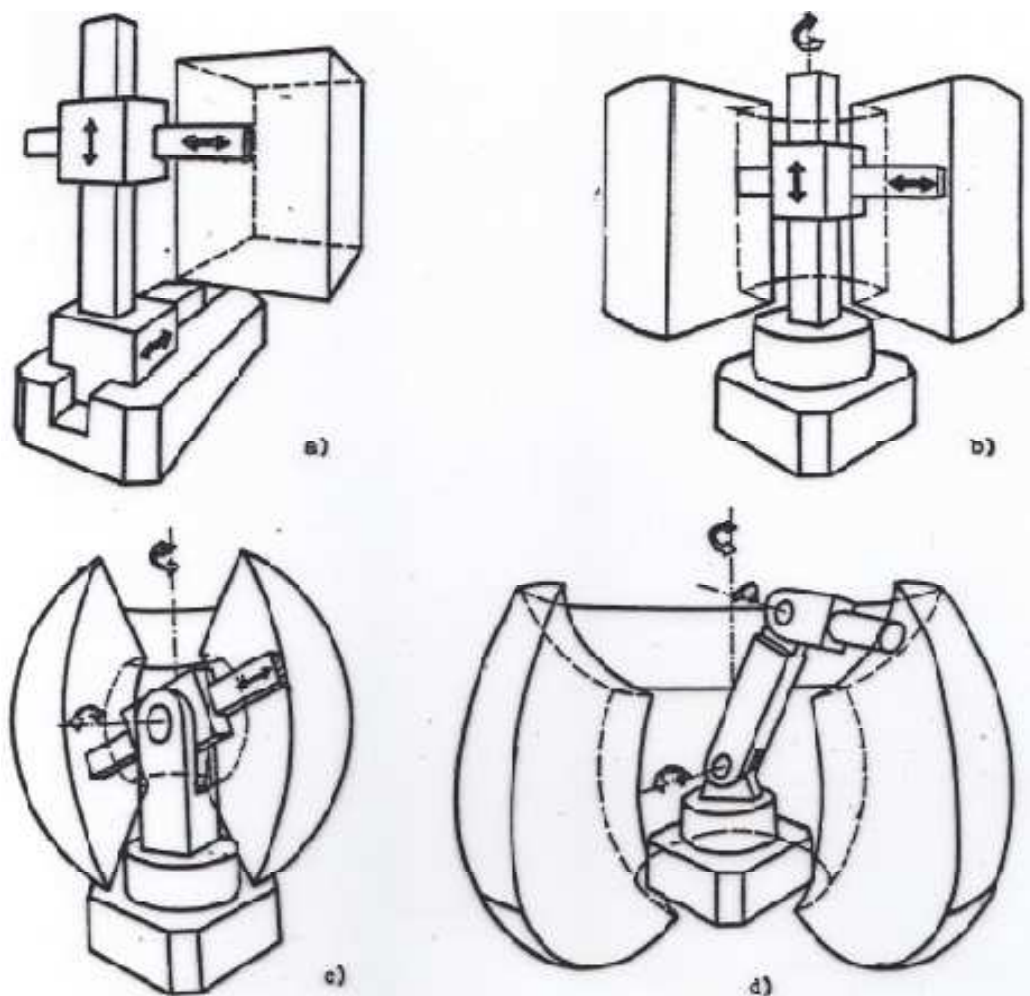
- otočné, neboli rotační



a, c – rotace s ramenem „ r “ b, d – rotace kolem vlastní osy

Obr. 11 Schematické znázornění rotačního pohybu [8]

Výsledný obsluhovaný prostor vzniklý nahrazováním translací a rotacemi může být, viz obr. 12:



- a) Kvádrový (pravoúhlý, kartézský) pracovní prostor,
- b) Válcový (cylindrický) pracovní prostor,
- c) Kulový (sférický) pracovní prostor,
- d) Torusový (složený, antropomorfní, anglulární) pracovní prostor

Obr. 12 Schematické znázornění základních pracovních prostorů [16]

Základní pracovní prostory vznikly spojením tří kinematických dvojic, kdy může pohyb referenčního bodu základního kinematického řetězce obsáhnout i určitý prostor, závislý na celkovém spojení kinematických dvojic v prostoru obsahujících základní kinematický řetězec.

V praxi se nejvíce rozšířily čtyři typy spojení kinematických dvojic v prostoru obsahujícím základní kinematický řetězec, a to:

- Spojení tří translačních kinematických dvojic (TTT), [Kvádr]
- Spojení jedné rotační a dvou translačních kinematických dvojic (RTT), [Válcový segment]
- Spojení dvou rotačních a jedné translační kinematické dvojice (RRT), [Kulový segment].
- Spojení tří rotačních kinematických dvojic (RRR), [Torusový segment]

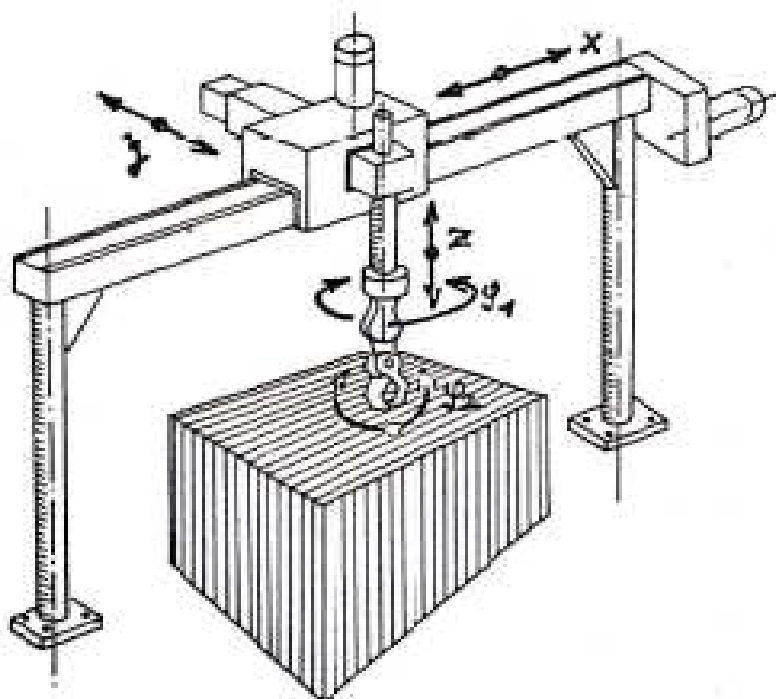
Základní spojení kinematických dvojic předurčuje základní typy průmyslových robotů:

- Typ „K“ (TTT) – používá pravoúhlý (kartézský – K) souřadnicový systém. Jsou to průmyslové roboty a manipulátory, jejichž kinematika základního kinematického řetězce je odvozena od tří lineárních pohybů.

Pracovním prostorem je krychle nebo kvádr a manipulovaný předmět bez následujícího orientačního ústrojí nemění svoji orientaci vůči základním souřadnicím.

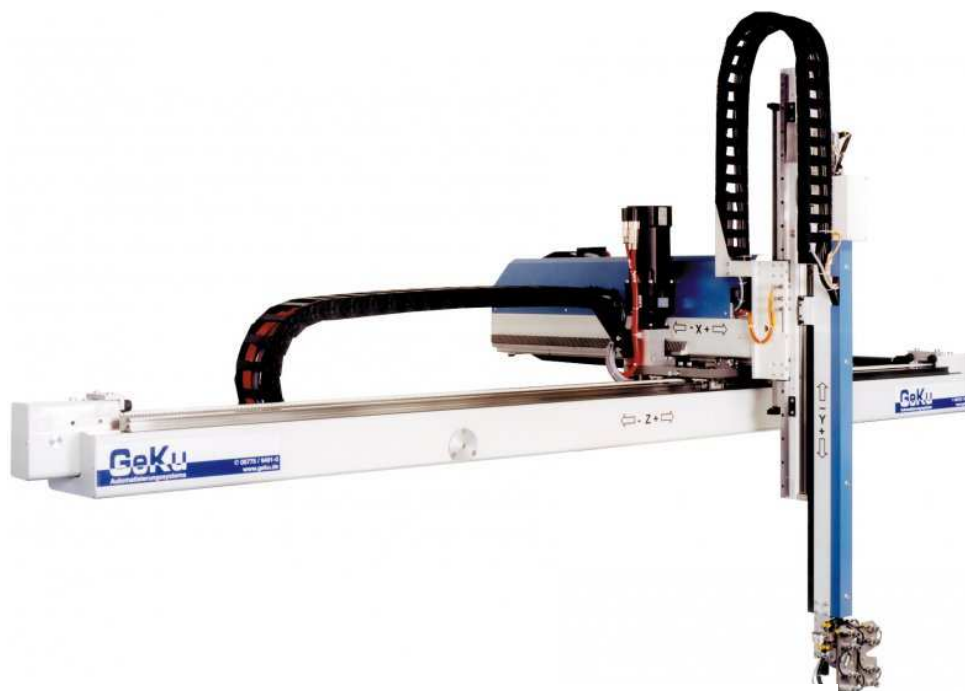
Při pojezdech manipulátoru v jednotlivých souřadnicích x , y , z adekvátních délkám kruhových oblouků při natočení ramen u jiných typů robotů, obsáhne kartézský robot největší pracovní prostor.

Představu o takovém typu PRaM umožňuje obr. 14, znázorňující manipulátor GeKu, který je základní představitel robotu typu „K“ je možno současně demonstrovat praktické použití translačních kinematických dvojic.



Obr. 13 znázornění průmyslového robotu MANTA [16]

Reálnou konstrukci průmyslového robotu typu „K“ (TTT) představuje obr. 14.

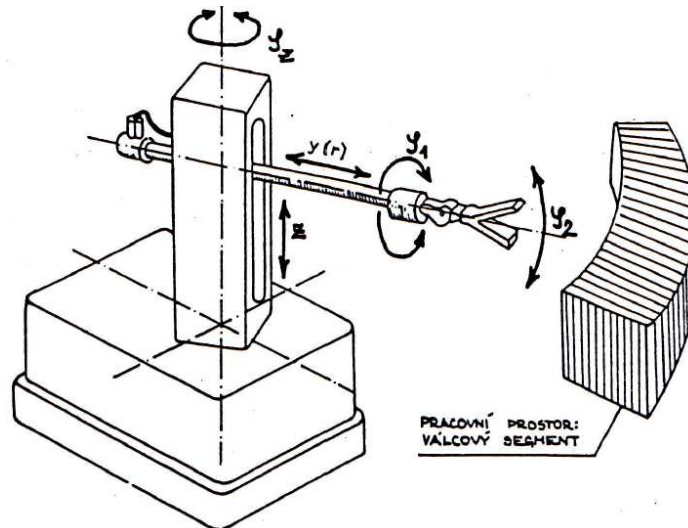


Obr. 14 Zobrazení průmyslového robotu GeKu [7]

- Typ „C“ (RTT) – používá válcový (cylindrický – C) souřadnicový systém. Roboty této skupiny jsou vesměs opatřeny nosným sloupem, otočným kolem svislé osy. Na sloupu je umístěno horizontální rameno, které se pohybuje nahoru a dolů a při horizontálním pohybu se buď teleskopicky zkracuje či prodlužuje, případně se posouvá celé zpět na druhou stranu sloupu.

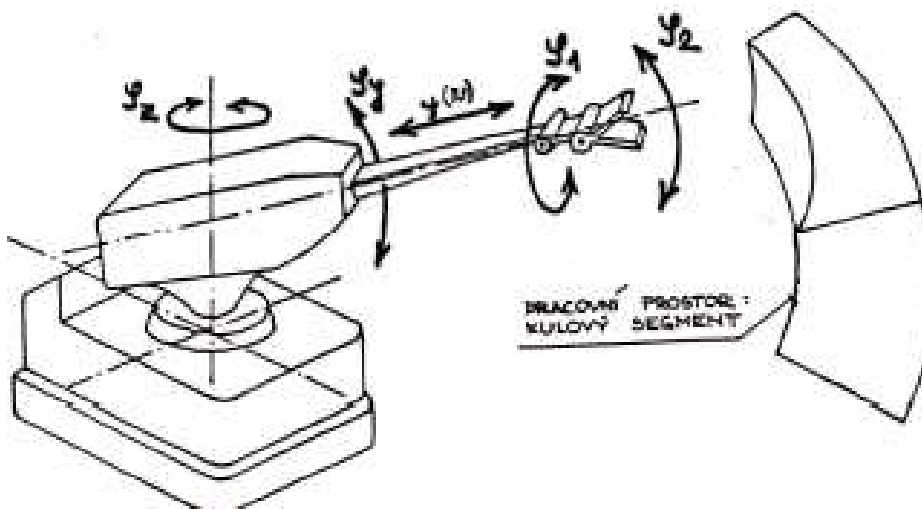
Při polohování dochází ke změně orientace manipulovaného předmětu kolem osy, rovnoběžné s osou otáčení sloupu.

Robotů tohoto typu je ve světové produkci nejvíce. Představitelem těchto robotů je průmyslový robot VERSATRAN 500, viz obr. 15.



Obr. 15 Znárodnění stavby průmyslového robotu VERSATRAN 500 [16]

- Typ „S“ (RRT) – používá kulový (sférický – S) souřadnicový systém. U těchto robotů se hlavní rameno kromě otáčení kolem svislé osy může naklápět kolem horizontální osy, čímž je zabezpečen vertikální pohyb referenčního bodu. Horizontální pohyb je pak zabezpečen vysouváním ramene. K přednostem tohoto typu PRaM patří to, že je dobře umístěna zóna obsluhy, nevýhodou je, že orientace manipulovaného předmětu se mění ve dvou směrech. Robotů tohoto typu je ve světové produkci přibližně 10%. V České republice se nevyrábí. Zahraničním představitelem je průmyslový robot UNIMATE, který je zobrazen na obr. 16.



Obr. 16 Znárodnění stavby průmyslového robotu typu UNIMATE [16]

Reálnou konstrukcí průmyslového robotu typu UNIMATE znázorňuje obr. 17.



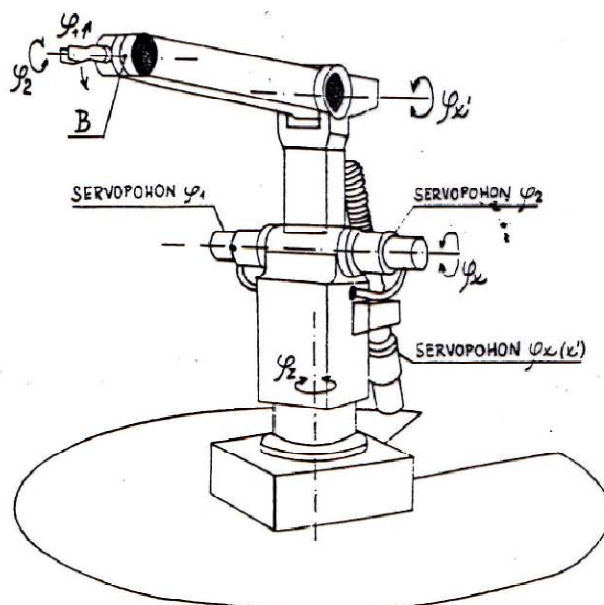
Obr. 17 Znázornění průmyslového robotu typu UNIMATE [5]

- Typ „A“ (RRR) – používá složený kulový (torusový, antropomorfní – A) souřadnicový systém. Kinematika těchto robotů je odvozena od tří rotačních pohybů. Základní rotační pohyb je kolem svislé osy z.

Značnou výhodou těchto robotů je jejich anatomicita a možnost při dvojitě zalomení ramene pracovat i v bezprostřední blízkosti svislé osy z.

Složitost jejich pohybu je často kompenzována jednoduchým způsobem programování.

Robotů tohoto typu jsou asi 3% světové produkce. Zprostředkovaným učením je programován švédský průmyslový robot ASEA, znázorněný na obr. 18.



Obr. 18 Znázornění stavby antropomorfního (A) průmyslového robotu ASEA [16]

Reálná konstrukce průmyslového robotu typu „A“ je znázorněna na obr. 19.



Obr. 19 Znázornění průmyslového robotu ABB [1]

2 MANIPULÁTORY [16]

Speciální manipulátory ve tváření jsou manipulátory kolejové a bezkolejové, které jsou určeny pro obsluhu kovacího lisu nebo bucharu.

Použijeme-li manipulátor pro obsluhu ohřívacích pecí a dopravu ohřátého materiálu od pece k lisu, říkáme takovým speciálním manipulátorům „sázecí stroje“.

2.1 Kolejové manipulátory [16]

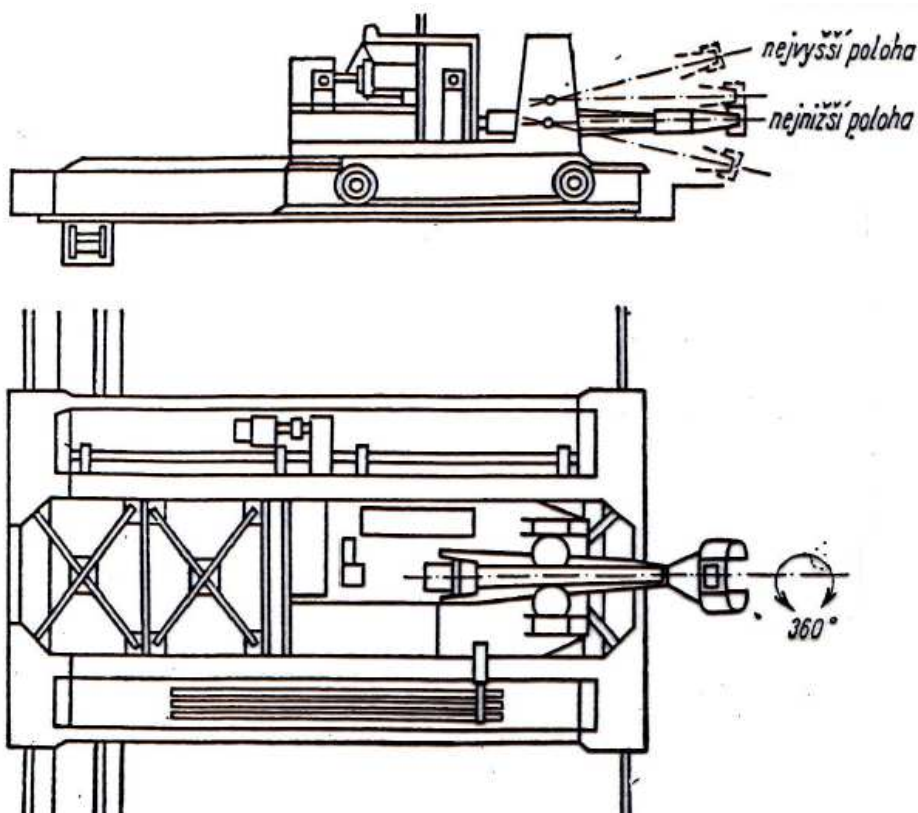
- Typ I: Mostový širokorozchodný manipulátor bez otáčení ramena kolem svislé osy (viz obr. 20):

Výhody:

- nejsou běžné (spíše speciální)
- jedná se o kolejový manipulátor
- stavějí se do nosnosti 10 tun
- slouží pro manipulaci s výkovkem nejen během kování, ale i pro obsluhu pecí, patří tedy mezi „sázecí stroje“

Nevýhody:

- lisy a pece musí být umístěny v jedné řadě, podél níž pojíždí most manipulátoru
- lis není plně využit, neboť nemůže pracovat v době, v níž manipulátor obsluhuje pece a dopravuje materiál

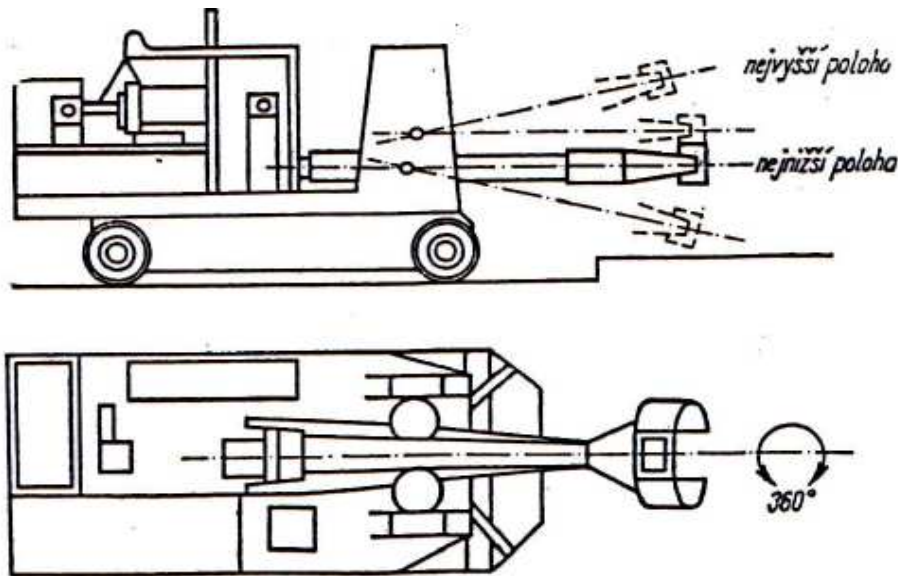


Obr. 20 Mostový manipulátor bez otáčení ramene kolem svislé osy [16]

- Typ II: Vozíkový úzkorozchodný manipulátor bez otáčení ramene kolem svislé osy (viz obr. 21):

Výhody:

- je výhradně určen pro manipulaci s výkovky během kování
- jednoduchý, stabilní a zabírá nejméně místa ze všech zmíněných manipulátorů
- umožňuje pohyb dopředu, dozadu i ve směru kování, zvedání a spouštění ve vodorovné poloze, naklánění ve svislé rovině a možnost otáčení kolem své osy o 360°
- konstruuje se do hmotnosti 75 tun.

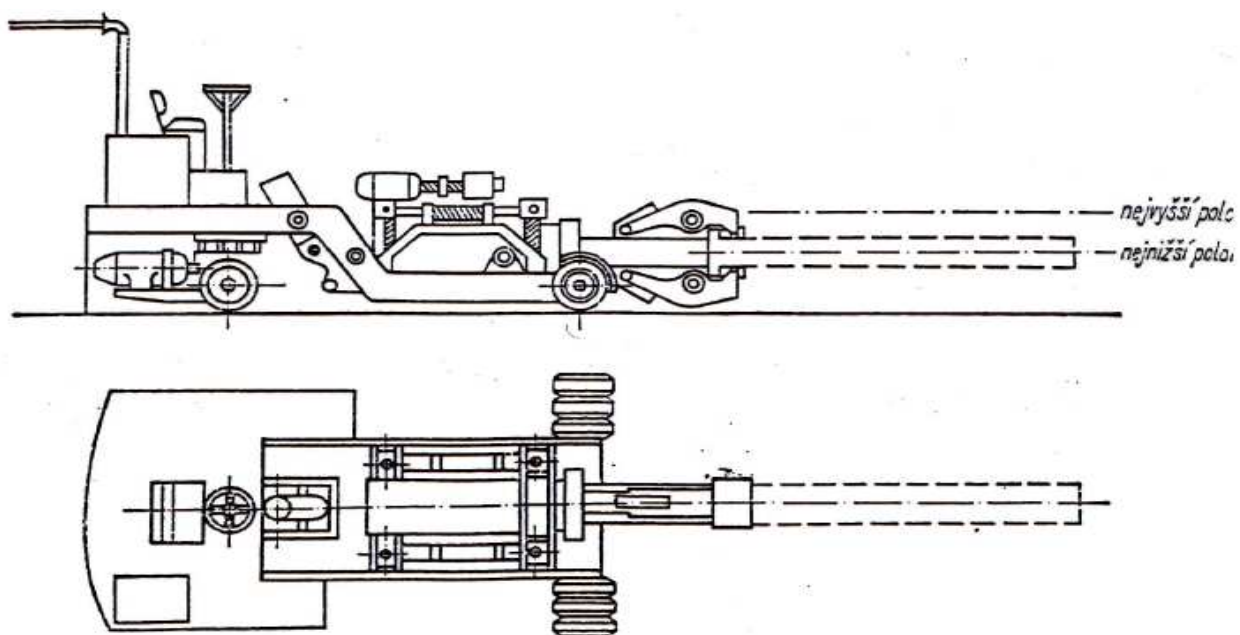


Obr. 21 Vozíkový úzkorozchodný manipulátor bez otáčení ramene kolem svislé osy [16]

2.2 Bez kolejové manipulátory (Automanipulátory) [16]

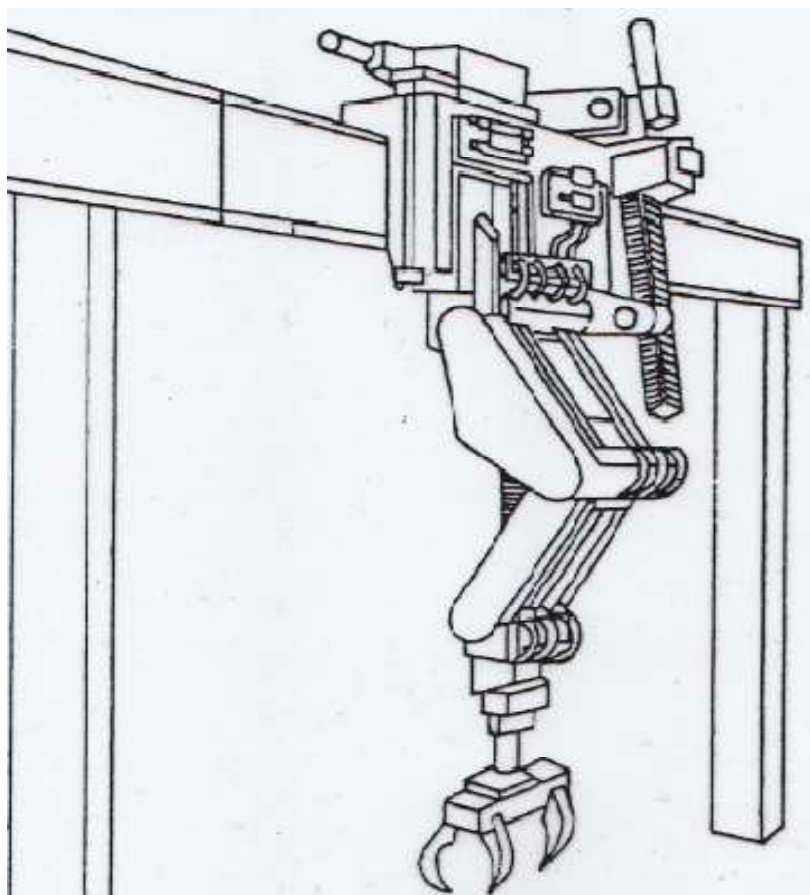
Výhody:

- nejsou vázána na kolejnice v dílně
- mohou obsluhovat kromě lisů i několik ohřívacích pecí umístěných různě po dílně
- nosné rameno vykonává na výšku tři samostatné základní pohyby a to: otáčení kolem vlastní podélné osy, spouštění nebo zvedání a naklánění. Ostatní potřebné pohyby se dosáhnou mobilností vozíku.
- mají elektrický nebo spalovací motor
- vyrábějí se do nosnosti až 10 tun
- lze je použít při nejrozmanitějším uspořádání lisů, bucharů a pecí v hale.



Obr. 22 Automanipulátor [16]

Využití v praxi můžeme vidět na obr. 23, kde se nachází průmyslový robot UM-160



Obr. 23 Průmyslový hybridní manipulátor UM – 160 [16]

3 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY [14]

Jde o ústrojí složitější než manipulátor, ústrojí, které má většinu z výše uvedených vlastností. Toto označení je zejména vhodné pro zařízení řízená počítačem.

Robot je automaticky nebo počítačem řízený integrovaný systém, schopný autonomní cílově orientované interakce s přirozeným prostředím podle instrukcí od člověka. Tato interakce spočívá.

- ve vnímání a rozpoznávání tohoto prostředí.
- v manipulování s předměty, popř. pohybování se v tomto prostředí.

3.1 Generace robotů a manipulátorů [14]

Průmyslové roboty je možno rozdělit do pěti generací:

- nultá generace – zařazuje manipulátory a roboty zpravidla bez zpětné vazby, kdy veškeré poruchy či změny ve sledované oblasti (signalizované čidly) vedou k nedovolení dalšího kroku a centrálního odpojení systému od přívodu energie, tj. zastavení systému (tzv. „central stop“) a přivolání údržbáře nebo seřizovače.
- první generace – zařazuje roboty s jednoduchou zpětnou vazbou, schopné přepínat několik programů (předem vytvořených člověkem) a práce podle nich.
- druhá generace – jsou roboti se schopností optimalizace, tj. schopnost vybírat z předem zadaných programů ten optimální, podle zadaného kritéria optimalizace.
- třetí generace – je charakterizována roboty, jež jsou schopné samostatné tvorby programu, neboť se dokáží učit z nabytých zkušeností. Zde se předem zadává pouze cíl činnosti (úkol), přičemž způsob jeho plnění je ponechán na inteligenci řídicího systému, který si sám vytvoří program.
- čtvrtá generace – je reprezentována autonomními roboty se sociálním chováním, které se chovají podobně jako člověk, tedy samostatně si volí i cíl práce.

V současné době jsou v našich závodech nasazeny roboty nulté a první generace, výjimečně i roboty druhé generace (někdy nazýváme „systém oko – ruka“). Cena robotů druhé generace je totiž značně vysoká, neboť je bezprostředně závislá na složitosti a cenové dostupnosti senzorové techniky, umožňující potřebné rozpoznávání a vyhodnocování pracovní scény robotu.

3.2 Adaptivní roboty [14]

Počínaje prvou generací se začínaly uplatňovat tzv. adaptivní (adaptabilní) roboty, které se (díky zabudované zpětné vazbě a vyšší inteligenci řídicího systému) dokáží přizpůsobovat změně okolí. To znamená, že reagují na změnu sledovaných parametrů a automatickou změnou svého chování sledované veličiny vracejí do původního stavu. Např. zjištěné stoupání teploty chladicí kapaliny eliminují otevřením obtokových či redukčních ventilů apod.

Typickými adaptivními roboty jsou např. roboty pro svařování elektrickým obloukem, které dovedou sledovat svařovanou spáru a v případě jejích nepřesností opravují naprogramovaný chod hořáku tak, aby se ze spáry nevybočil.

Vzájemná interakce robotu a technologického prostředí velmi často vzniká fyzickým kontaktem koncového efektoru a předmětu technologické scény, kdy se uzavírá mechanická vazba kinematického řetězce robotu.

Pro adaptivitu robotu je totiž nezbytné rozpoznat, zda dotyk nastal, stanovit souřadnice bodů (lokalizací) dotyku a charakter dotyku vyhodnocením např. velikosti reakčních sil a momentů. K tomu jsou efekторы vybaveny senzorickými zápěstími s poddajnými členy. Kromě toho jsou užívány též vazby bezdotykové – zejména optické, ultrazvukové, indukční, laserové apod.

3.3 Kognitivní roboty [14]

Přívlastek „kognitivní“ je používán rovněž v psychologii, a označuje souhrnně řadu typů poznávací činnosti: vnímání, představivost, paměť, chápavost, usuzování, nikoliv však citové a volné jednání.

Protože tyto kognitivní procesy nejsou nezbytně vázány na vědomí subjektu, lze říci, že mají svou analogii i u robotů. Proto termín „kognitivní robot“ je zde oprávněný nejen jako metafora, ale i jako odborný výraz.

Kognitivní robot je schopen vykonávat následující činnosti:

- vnímat a rozpoznávat prostředí
- vytvářet a průběžně rozpoznávat vnitřní model prostředí
- na základě tohoto modelu a v souladu se zadanými cíli rozhodovat o vlastní činnosti
- ovlivňovat prostředí – pohybovat se v něm a manipulovat s předměty
- komunikovat s člověkem

Autonomnost činnosti robotu je dána jeho samostatnou prací nezávisle na člověku – přinejmenším v tom smyslu, že člověk s ním není v uzavřené smyčce, jako je tomu např. u teleoperátorů.

Požadavek cílově orientované činnosti vylučuje zařízení, které se chovalo zcela náhodně a nesmyslně. Cíl je obvykle předem zadán a veškerá aktivita robotu je zaměřena na jeho dosažení: nejde tedy o stále opakování cyklu úkonů, jako je tomu u běžných průmyslových robotů. Instrukce udílené člověkem mají obvykle symbolický tvar – mohou to být věty umělého nebo přirozeného jazyka, u dokonalejších systémů může být použito i mluveného slova.

3.4 Konativní roboty [14]

Zatím nejvyšší předpokládanou generací jsou roboty konativní, charakterizované samostatnou volbou cíle.

V současné době konativní roboty nejsou realizovány, je to pouze předpoklad – prognóza dalšího vývoje, který pravděpodobně spěje k vývoji robotů se sociálním chováním, tj. robotů, jejichž chování bude velmi podobné s chováním člověka. To znamená, že řídicímu systému nebude nutné zadávat ani cíl jeho práce, neboť konativní robot, zařazený do určitého pracovního procesu si bude sám uvědomovat a plánovat, co je v daném okamžiku potřeba udělat.

Potom zřejmě splyne řízení vlastní činnosti robotu s řízením a plánováním celého pracovního procesu, kdy dílčí práce na výrobě jednotlivé součásti vyplynou z časového harmonogramu výroby nultého počtu kusů pro montáž daného počtu finálních výrobků. To samozřejmě předpokládá integraci technologických a netechnologických (zejména manipulačních) procesů.

3.5 Mobilní roboty [14] [17]

Mobilita je specifickou vlastností, která se může vyskytovat u všech druhů robotů a je realizována podvozkem nebo jiným systémem, který umožňuje pohyb robotu.

Roboty nulté a první generace se jako mobilní nekonstruují, pouze tam, kde je potřeba krátkého pohybu, se přidává jeden stupeň volnosti v podobě pojíždění po pevně stanovené dráze (např. kolejnice) kolem obsluhovaných strojů nebo nad nimi. Naproti tomu u kognitivních robotů mobilita bývá velmi častá, neboť pohyb robotu po určité ploše je většinou nezbytný.

V tomto případě je robot tzv. lokomočním ústrojím, které slouží k přemísťování na větší vzdálenosti (řádově v desítkách metrů) a které je realizováno pomocí kolového, pásového nebo kráčejičho podvozku. Podvozky kolejové jsou energeticky výhodnější a jejich ovládání je jednodušší (např. každé hnací kolo může mít samostatný pohon, což zjednodušuje změnu směru pohybu), u pásových a kráčejičích podvozků je nutné počítat s většími ztrátami třením. Ve prospěch kráčejičho ústrojí lze naopak uvést možnosti použití ve značně nerovném terénu s mnoha překážkami, kde nestačí už ani pásový podvozek. To ale vyžaduje mnohem složitější řízení a řešení celé řady problémů, spojených zejména s rovnováhou a stabilitou. Speciální problematikou jsou lokomoční systémy pro pohyb po svislých stěnách, kde se využívá především přísavných systémů. Pro příklad je zobrazen mobilní robot na obr. 24.



Obr. 24 Mobilní robot MR Hardy [17]

4 POUŽITÍ PRaM V PRAXI [1] [11] [13] [2] [9]

Jako první příklad je uveden průmyslový robot UR5, který pracuje na soustružnickém automatu Okuma, kde se obrábí náboje z hliníkových odlitků. Úkolem robotu UR5 je vkládat neobrobené odlitky ze zásobníku do soustruhu, obrobené je vyjmout a vložit na automatickou protahovačku. Robot je obsluhován jedním operátorem, který celé centrum seřídí, nastaví a spustí. Nastavení automatického centra trvá přibližně asi hodinu. Do samotného průběhu práce robotu nadále není potřeba zasahovat. Běžně pracuje i 24 hodin denně ve třísměnném provozu.



Obr. 25 Robot UR5 při obsluze soustružnického automatu [1]

Dále může být robotizována i výroba při svařování, například při svařování CO₂ laserem, či jiných metod, které výrazně zvyšuje svařovací rychlost, hloubku a kvalitu svaru. Při srovnání svařovacích schopností člověka a robotu se několikanásobně zvyšuje provozní spolehlivost a vytrvalost. Robotizované pracoviště při svařování v průmyslu je zobrazeno na obr. 26.



Obr. 26 Robotizované pracoviště při svařování [11]

Mohou být použity i univerzální průmyslové roboty tvořící speciální skupinu robotů např. pro potravinářský a farmaceutický průmysl, které umožňují rychlé třídění a zakládání drobných předmětů. Pro člověka je robot maximální konkurence, nedělá chyby, může pracovat, jak dlouho je potřeba.

Použití v potravinářském průmyslu je znázorněno na obr. 27, kde znázorněna základní aplikace tzv. „packaging“, což je vkládání do obalů 2 nebo 3 řádů. Zde jde především o přesnost manipulace s určitou zátěží, typicky do 25kg na jeden pohyb. Počet pohybů je nižší, jelikož je možné manipulovat s několika výrobky najednou, což znamená cca 10-15 cyklů za minutu. Zde se setkáváme s menšími především 4-osými roboty. Počet os zde není podstatný, jelikož většinou jde o ukládání horizontální rovině.



Obr. 27 Využití robotů v potravinářském průmyslu [2]

Na obr. 28 je znázorněno využití průmyslového robotu ve dřevařské výrobě, který je zařazen do univerzálních robotů řízených v 6 osách s nosností od 5 – 650kg. Jejich největší předností je rychlost manipulace, která umožní třídění drobných předmětů s časem cyklu i 0,2 sekundy a schopnost vizuálně rozpoznat předmět, s nímž manipuluje.



Obr. 28 Využití robotů v dřevařském průmyslu [1]

Dále je možné využití robotů ve slévárenství a kovárnách, např. obsluha tlakového lití, ošetřování formy a automatizace kovací lisů. Na tyto roboty jsou kladeny vysoké nároky, především na jejich přesnost a odolnost vůči okolnímu prostředí. S ohledem na okolní prostředí je životnost robotu nižší než v jiných provozech. Obstojí zde jen skutečně dobře chráněné roboty odolávající nánosům grafitu, agresivní mazací směsi, abrazivnímu prostředí a jiným.

Hlavní přínos robotiky v tomto odvětví je nahrazení lidské obsluhy v tomto nepříjemném prostředí, dále zvýšení opakované kvality a celkové stabilizace procesu. Robotizovaný lící stroj pracující ve stálém taktu vykazuje podstatně nižší pórovitost odlitků, než je tomu u manuální obsluhy. Nárůst produktivity je samozřejmý.



Obr. 29 Použití průmyslového robotu ve slévárenství [9]

5 ZÁVĚRY

Tato bakalářské práce nás seznámila se základy průmyslových robotů, manipulátorů a jejich využitím ve strojírenském průmyslu. Dál bylo uvedeno rozdělení robotů a manipulátorů dle využití a jejich praktické využití ve strojírenském podniku. Cílem každé průmyslové výroby je vytvářet takové podmínky, aby byla výroba co nejefektivnější.

Využití průmyslových robotů a manipulátorů umožňuje nahrazení lidského faktoru ve výrobě a to zejména při práci namáhavé, či podmínkami neumožňující přítomnost člověka. Nasazením těchto strojů se v neposlední řadě můžeme vyvarovat chybám ve výrobě vlivem lidského faktoru, díky snížení vlivu obsluhy na samotný proces.

Průmyslové roboty a manipulační technika jsou dnes součástí téměř každé moderní výroby. Robotické zařízení pomáhají snižovat výrobní náklady a zvyšovat efektivitu výroby a procesů. Jsou sníženy časové mezioperační procesy a lepší využití kapacit strojů. Roboty mohou být využity téměř ve všech druzích průmyslové výroby či manipulace od montáže po manipulaci s nástroji, obrobky či výrobky, lakování, obrábění, svařování atd. Tato široká škála využití umožňuje uspokojit téměř veškerý sortiment zákazníků. Navíc robotizaci průmyslových procesů lze využít nejen v hromadné výrobě, ale i v malosériových a kusových výrobcích.

V robotizovaném průmyslu jako takovém, není možné zcela nahradit člověka, jako dělníka strojem. Člověk bude neustále nenahraditelným faktorem výroby, a proto je nutné robotizaci volit správně s ohledem na její využití.

Z hlediska ekonomiky je to výborný „zaměstnanec“, když není práce, jednoduše ho můžeme zpomalit nebo vypnout. Dokážou pracovat 24 hodin denně, 7 dní v týdnu. Nevýhodou těchto strojů je, že roboty jsou velmi drahé a tedy není nutné je vyrábět sériově, proto a pro vyžadovanou co nejvyšší kvalitu je jejich cena stále vysoká.

Roboty a manipulátory jsou využívány již po mnoho generací a jejich vyspělost a modernizace je otázkou současné technické vyspělosti. Robotizace průmyslu je celosvětovým trendem, zvyšující kvalitu výroby. Robotizace je jednou z důležitých možností, jak zvýšit produktivitu a konkurenceschopnost výrobních podniků.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ABB S.R.O. *Robotika v ČR* [online]. Praha, 2012 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://www.roboti.cz/test/aktuality/Robotika-v-CR>
2. ABB S.R.O. *Robotika v ČR* [online]. Praha, 2012 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://www.roboti.cz/aktuality/Pocet-prumyslovych-robotu-v-potravinarstvi-roste>
3. AMBROŽ, Pavel. *Koncové efekty v robotice a manipulaci* [online]. 2015 [cit. 2015-01-28].
4. BĚLOHOUBEK, Pavel a KOLÍBAL, Zdeněk. *Průmyslové roboty IV. – Projektování výrobních systémů s PRAM*. 1. vyd. Brno: VUT, 1993. 88 s. ISBN 80-214-0532-5.
5. *Bible robotiky: Robotické pojízdkové systémy* [online]. 2011 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://www.roboticsbible.com/robot-drive-systems.html>
6. *Citace* [online]. 2004 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://www.citace.com/>
7. *Kartézské roboty* [online]. 2014 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://www.geku.co.uk/robots/cartesian-robots/>
8. KOLÍBAL, Zdeněk. *Průmyslové roboty I. – Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů (PRAM)*. 1. vyd. Brno: VUT, 1993. 189 s. ISBN 80-214-0532-5.
9. KUKA ROBOT GROUP. *Slévárenství* [online]. 2015 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: http://www.kuka-robotics.com/czech_republic/cs/solutions/branches/foundry/
10. *Magnetické chapadla* [online]. 2015 [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/schunk/magnetic-grippers>
11. MRB SAZOVICE S.R.O. *Robotické svařování: Svařovací pracoviště LASER* [online]. 2014 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://www.mrb.cz/roboticke-svarovani>
12. NOVÁK, Petr. *Roboty v průmyslu: Mobilní roboty pro speciální účely*. Ostrava, 2015.
13. *Počet průmyslových robotů v potravinářství roste: Packaging – vkládání* [online]. 2012 [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: <http://www.roboti.cz/aktuality/Pocet-prumyslovych-robotu-v-potravinarstvi-roste>
14. RUMÍŠEK, Pavel. *Automatizace: roboty a manipulátory*. Brno, 2003. Dostupné také z: <http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory.htm>.
15. STANĚK, Michal. *Aplikace průmyslových robotů v oblasti obrábění*. Brno, 2009. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studium/zaverecne-prace>. Bakalářská práce.
16. ŠTRONER, Marek. *Průmyslové roboty a manipulátory*. Brno, 2008.
17. VÍT, Tomáš. *Robot pomáhá zlevnit výrobu: Univerzální pomocník při obsluze obráběcích strojů* [online]. 2014 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/robot-pomaha-zlevnit-vyrobu.html>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Systémové pojetí výrobního stroje [8]	11
Obr. 2 Schematické porovnání člověka a stroje ve výrobním procesu [14]	12
Obr. 3 Rozdělení manipulačních zařízení [16]	13
Obr. 4 Stavba robotu [8]	15
Obr. 5 Pracovní kalibrační hlavice [3]	16
Obr. 6 Mechanická úchopová hlavice [3]	17
Obr. 7 Podtlaková přísavka [3]	17
Obr. 8 Magnetická hlavice [10]	17
Obr. 9 dvouprstá, tříprstá, čtyřprstá a šestiprstá hlavice [3]	18
Obr. 10 Schematické znázornění translační kinematické dvojice [8]	19
Obr. 11 Schématické znázornění rotačního pohybu [8]	19
Obr. 12 Schematické znázornění základních pracovních prostorů [16]	20
Obr. 13 znázornění průmyslového robotu MANTA [16]	21
Obr. 14 Zobrazení průmyslového robotu GeKu [7]	21
Obr. 15 Znázornění stavby průmyslového robotu VERSATRAN 500 [16]	22
Obr. 16 Znázornění stavby průmyslového robotu typu UNIMATE [16]	22
Obr. 17 Znázornění průmyslového robotu typu UNIMATE [5]	23
Obr. 18 Znázornění stavby antropomorfního (A) průmyslového robotu ASEA [16]	23
Obr. 19 Znázornění průmyslového robotu ABB [1]	24
Obr. 20 Mostový manipulátor bez otáčení ramene kolem svislé osy [16]	25
Obr. 21 Vozíkový úzkorozchodný manipulátor bez otáčení ramene kolem svislé osy [16]	26
Obr. 22 Automanipulátor [16]	27
Obr. 23 Průmyslový hybridní manipulátor UM – 160 [16]	27
Obr. 24 Mobilní robot MR Hardy [17]	30
Obr. 25 Robot UR5 při obsluze soustružnického automatu [1]	31
Obr. 26 Robotizované pracoviště při svařování [11]	31
Obr. 27 Využití robotů v potravinářském průmyslu [2]	32
Obr. 28 Využití robotů v dřevařském průmyslu [1]	32
Obr. 29 Použití průmyslového robotu ve slévárenství [9]	33